

Del cultivo basado en capturas, a la acuicultura independiente y la domesticación del atún rojo, *Thunnus thynnus*. Principales resultados, conclusiones y recomendaciones del Proyecto SELFDOTT

Fernando de la Gándara

Instituto Español de Oceanografía (IEO), Centro Oceanográfico de Murcia, Ctra. de la Azohía s/n, 30860, Puerto de Mazarrón (Murcia).

E-mail: fernando.delagandara@mu.ieo.es

Introducción

Las pesquerías de atún, con capturas globales superiores a los 4 millones de toneladas anuales y un valor superior a los 6 000 millones de euros son las de mayor importancia a nivel mundial. Potenciado por el incremento de la demanda de los mercados asiáticos de sushi y sashimi, se desarrollado en el Mediterráneo, en las últimas dos décadas, la actividad denominada “engrase” del atún rojo (Miyake y cols.,2003; Ottolenghi, 2008; Belmonte, Ortega y De la Gándara, 2007; Mylonas y cols.,2010). Esta actividad consiste en capturar ejemplares de gran tamaño de esta especie, en las áreas de puesta del Mediterráneo, aprovechando que se reúnen allí para la reproducción entre los meses de Mayo a Julio. Para su captura se emplea el arte de cerco, el único capaz de capturar y mantener vivos a los individuos de atún rojo. Una vez capturados, los atunes son transferidos a una jaula de transporte y, a una velocidad no superior a dos nudos, son transportados hasta las jaulas de engrase situadas cerca de la costa. Allí, los atunes son alimentados con pequeños pelágicos (caballa, sardina, etc.) ricos en grasa (Belmonte y De la Gándara, 2008). El objetivo es el de aumentar lo máximo posible el contenido en grasa en la carne del atún, característica esta muy apreciada por los mercados asiáticos. Una vez que ha finalizado el periodo de engrase (alrededor de 6 meses, aunque en ocasiones pueden prolongarse algunos años), los atunes son sacrificados y enviados al mercado.

La dramática expansión de esta industria llevó a las poblaciones naturales a una situación de sobrepesca con una importante reducción del stock de reproductores (Fromentin and Powers, 2005). Cifras no oficiales arrojan valores anuales de capturas por encima de las 60.000 toneladas en 2006, más del doble de lo oficialmente reportado (ICCAT, 2012). Para paliar esta situación de sobrepesca, que de continuar podría haber llevado a las poblaciones naturales al colapso, el Consejo Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (ICCAT) estableció en 1999 un sistema de cuotas para limitar las capturas, y en 2008 un Plan de recuperación (ANON, 2009b) con una reducción importante de dichas cuotas, del tamaño mínimo de ejemplares capturables, así como un sistema de vedas (ICCAT, 2011). La aplicación de estas medidas está haciendo que en la actualidad se estén observando claros signos de recuperación de esta especie (ICCAT, 2012).

Considerando la actividad de engrase, todas estas medidas han hecho que las producciones hayan caído de forma muy importante habiendo sido en 2011 de 12 900 Tn de las cuales 2 411 correspondieron a España. Así mismo se ha asistido a una drástica reducción del número de empresas que se dedican a esta actividad. En nuestro país, de las 14 empresas que operaban en 2003, hemos pasado a solamente dos en 2011: la empresa catalana Grup Balfegó y la murciana, Caladeros del Mediterráneo, perteneciente al grupo Ricardo Fuentes e Hijos.

Para la reducción de la presión existente sobre las poblaciones naturales de esta especie, es obvio que se hace necesario el desarrollo de una acuicultura integral de la misma, que, de forma complementaria a las capturas provenientes de la pesquería, comporte el aumento de la producción para satisfacer la demanda creciente de unos mercados cada vez más exigentes y selectivos. Esta producción mediante técnicas de acuicultura integral, independiente de las poblaciones naturales, no solo favorecería la recuperación de los stocks silvestres en un lapso menor de tiempo sino que permitiría el consumo del atún rojo sin más limitaciones que las del propio mercado, tal y como sucede en la actualidad con especies como la dorada, la lubina, el rodaballo o el salmón, y desde hace milenios, con las vacas, las ovejas, los cerdos o los pollos.

Tras los éxitos obtenidos en los anteriores proyectos (De la Gándara and Ortega, 2008), el proyecto, SELFDOTT: From capture based to self sustained aquaculture and domestication of bluefin tuna, *Thunnus thynnus* (KBBE-2007-1-2-09 Cooperation Work Programme: Food, Agriculture and Fisheries, and Biotechnology), con un presupuesto total de 4,4 millones de euros, 3 de ellos cofinanciados por el 7º Programa Marco de la Comisión Europea y coordinado por el Instituto Español de Oceanografía (IEO) se llevó a cabo entre Enero de 2008 y Noviembre de 2011, con el objetivo de sentar las bases para producir atún rojo mediante técnicas de acuicultura integral. Además del IEO, el Proyecto SELFDOTT estuvo participado por las empresas Tuna Graso y Caladeros del Mediterráneo, del Grupo empresarial español Ricardo Fuentes e Hijos, la empresa Malta Fishfarming, y el Skretting Aquaculture Research Centre (SARC) de Noruega, perteneciente a la multinacional Nutreco, una de los grupos empresariales más importantes a nivel mundial en la producción de alimento para peces. Así mismo contó con la participación de los Institutos públicos de investigación Hellenic Centre for Marine Research de Grecia, el IFREMER (Institut Français d'Exploitation de la Mer) francés, la Universidad alemana de Düsseldorf, el National Centre for Mariculture de Israel, la Universidad de Cádiz, la Universidad italiana de Bari, el Ministry for Rural Affairs and Environment (MRAE-Aquaculture) de Malta y las Instituciones francesas Centre National pour la Recherche Scientifique (CNRS) y la Universidad de Montpellier 2.

Los objetivos del SELFDOTT se basaron en tres pilares fundamentales: la reafirmación de los conocimientos actuales sobre la reproducción en cautividad de esta especie, el establecimiento de los conocimientos básicos necesarios para la obtención de puestas y el control del desarrollo larvario, y el establecimiento de las bases necesarias para el desarrollo de alimentos adecuados desde el punto de vista de la eficacia como del respeto al medio ambiente.

Al finalizar el proyecto se llevó a cabo una reunión a la que fueron invitados los principales actores e interesados en este tema. En dicha reunión, celebrada en Madrid el 2 de Noviembre de 2011, se mostraron y discutieron los resultados del proyecto y se redactaron las conclusiones del mismo así como las recomendaciones para el futuro.

Materiales y Métodos

Los reproductores de atún rojo, capturados durante las campañas de pesca comercial de 2007 y 2008, se mantuvieron en las instalaciones de las empresas participantes en el proyecto del grupo español Ricardo Fuentes y de la maltesa Malta FishFarming (ANON, 2009c). Los reproductores fueron alimentados con dietas apropiadas para llevar a cabo las funciones reproductivas (De la Gándara y cols., 2011b). Parte de ellos fueron empleados para el estudio de los procesos de gametogénesis en cautividad, para así identificar posibles bloqueos del proceso (Pousis y cols., 2011, 2012; Zupa y cols., 2012) así como para estudiar la influencia de la dieta sobre la maduración (Vassallo-Agius y cols., 2011) y la calidad de los gametos (Suquet y cols., 2010; ZUPA y cols., 2012).

Para la recogida de huevos, se colocó en la época de puesta (Junio-Julio) una cortina de 6 m de altura, rodeando totalmente la parte superior de la jaulas. Se instaló a principios de Julio en 2008 (ANON, 2009c), a finales de Junio en 2009 (ANON, 2010), a mediados de Junio en 2010 y a principios de Junio en 2011, oscilando las temperaturas del agua entre los 21 y los 26°C (De la Gándara y cols., 2011b). En los años 2008 y 2009 se utilizaron implantes hormonales con GnRHa según la técnica desarrollada en el anterior proyecto REPRODOTT, utilizando para ello un arpón submarino (Mylonas y cols., 2007; Rosenfeld y cols., 2012).

En el cultivo larvario se emplearon las técnicas conocidas como pseudogreen water, mesocosmos y agua clara (ANON, 2009c; ANON, 2010). Las dos primeras coinciden en el uso de microalgas en los tanque de cultivo larvario. Se diferencian en que en el primer caso se utilizan tanques de menor tamaño (5 m³) y la densidad inicial de larvas es mayor (20-50 larvas/l). En el segundo caso se utilizan tanques de mayor volumen (20-40 m³) siendo menor la densidad inicial (1-10 larvas/l). En el caso de agua clara, no se utilizan microalgas y las densidades larvarias iniciales son altas, siendo como en el primer caso, los tanques de tamaño reducido. La estrategia de alimentación larvaria consistió en utilizar rotífero y Artemia enriquecidos con productos comerciales, larvas de dorada (*Sparus aurata*) recién eclosionadas y alimentación artificial desarrollada por el SARC (Ortega y cols., 2011).

Resultados

En Julio de 2008 no se obtuvieron puestas de huevos, probablemente debido a que se realizaron los implantes y se instaló la cortina muy tarde. En 2009 fue el primer año en que empezaron a obtenerse puestas masivas de huevos fértiles (140 millones de huevos a lo largo de 17 días, con un pico máximo de 60 millones de huevos en un solo día). En 2010 y 2011, en los que se ubicó la cortina mucho antes, se recolectaron puestas masivas de forma espontánea, sin necesidad de implantes hormonales (De la Gándara y cols., 2011a). En 2010 se obtuvieron 60 millones de huevos a lo largo de 40 días siendo los resultados de 2011 de 162 millones durante un periodo de tiempo semejante aunque se comenzaron a recolectar las puestas con una semana de antelación (De la Gándara y cols., 2011b).

Los huevos se recogieron entre las 3 y las 5 de la madrugada de la superficie de la jaula mediante salabres con malla de 500 micras, y se trasladaron a la Planta de Cultivos del IEO en Mazarrón para proceder a evaluar su cantidad y calidad, a su eclosión y a su cultivo larvario (ANON, 2010). Así mismo y según estaba previsto en el Anexo Técnico del Proyecto SELFDOTT, se realizaron con éxito envíos de huevos vivos a los socios del proyecto en Francia, Grecia e Israel para llevar a cabo experimentos sobre el cultivo larvario y desarrollar el conocimiento básico sobre las primeras fases de la ontogenia (Besseau y cols., 2011; Cahu y cols., 2010; Ghysen y cols., 2010; Papandroulakis y cols., 2010; Gatesoupe y cols., 2012).

Por su parte, el laboratorio maltés del MCFS utilizó en 2011 las puestas obtenidas del stock de reproductores ubicado en las instalaciones de la empresa Malta Fishfarming. En este caso el número de huevos colectado fue muy inferior al obtenido en Cartagena, aunque suficiente para llevar a cabo los experimentos previstos en el citado Centro.

Los cultivos larvarios realizados en la Planta de Cultivos Marinos del IEO en Mazarrón fueron los más exitosos, consiguiendo una supervivencia de 73 días en 2009 (30 g de peso) y 110 días (100 g de peso) en 2010. En 2011 se produjeron 3.000 juveniles de atún rojo de 40 días de edad y alrededor de 10 g de peso en estas instalaciones del

IEO. Parte de ellos fueron transportados a jaulas en el mar, gestionadas por el grupo empresarial Ricardo Fuentes (Ortega y cols., 2011). A principios de 2012, los ejemplares supervivientes alcanzaron los 2 kilos de peso. Se espera que un buen número de ellos alcance el estado adulto tras un mínimo de cuatro años y pueda reproducirse, consiguiendo por tanto y por primera vez en esta especie, cerrar su ciclo biológico en cautividad.

En cuanto a los resultados del tercer objetivo, el grupo SARC desarrolló una alimentación artificial que fue bien aceptada por los juveniles de esta especie tanto producidos en cautividad como capturados en el medio natural, y ubicados en jaulas flotantes gestionadas por el grupo empresarial Ricardo Fuentes. Los crecimientos obtenidos son comparables a los de alimentación a base de pescado, lo que abre la posibilidad de realizar su crianza de una forma más respetuosa con el medio ambiente, tal y como estaba previsto en los objetivos del proyecto.

Discusión y Conclusiones

Tras la puesta en marcha de medidas de protección del atún rojo por los distintos países que componen ICCAT y muy especialmente del Plan de recuperación de 2007, las poblaciones de atún rojo están mostrando claros signos de recuperación, tal y como ha quedado patente en las últimas evaluaciones de ICCAT (ICCAT, 2011), y muy especialmente en la última celebrada en Madrid en Octubre de 2012 (ICCAT, 2012). Este hecho ha sido incluso reconocido por las asociaciones ecologistas, cuya presión, que duda cabe, ha tenido mucho que ver en la puesta en marcha de dichas medidas. Sin embargo, teniendo en cuenta la inercia que todo este proceso conlleva, y a que los grupos medio ambientalistas mantienen la presión sobre el sector productivo, no parece que los límites de capturas vayan a ser incrementados sustancialmente por el momento, por lo que la demanda de los mercados, en cantidad y calidad va a seguir elevada en los próximos años. Por tanto, el incremento de la producción de esta especie ha de venir de su producción mediante técnicas de acuicultura integral, tal y como sucede en este momento con especies tales como la dorada, la lubina, el rodaballo o el salmón.

El proyecto SELFDOOT ha cumplido ampliamente los objetivos propuestos, refrendando los resultados sobre la reproducción de esta especie obtenidos en el proyecto anterior REPRODOTT, y sentando las bases de la producción de juveniles y el desarrollo de alimentos más eficaces y respetuosos con el medio ambiente. Aunque los avances producidos en este proyecto pueden catalogarse como espectaculares, aún existen muchos aspectos que deben ser mejorados, por lo que se concluye que las técnicas para producción comercial a gran escala de esta especie, de forma rentable, aún no están desarrolladas lo suficiente como para que se inicie de forma inmediata esta nueva industria acuícola.

Recomendaciones

a) Reproducción y producción de huevos viables

Los resultados del SELFDOOT han demostrado claramente que la reproducción de atún rojo en cautividad es posible, pudiéndose obtener puestas masivas de huevos fértiles, manteniendo peces maduros en jaulas flotantes.

Pueden obtenerse puestas espontáneas, tras al menos dos años de aclimatación a la cautividad, asumiendo que las condiciones ambientales son las adecuadas (principalmente el perfil anual de temperaturas). Sin embargo y en el caso de que maduración final y la ovulación se vieran bloqueadas por situaciones de estrés, las técnicas desarrolladas en el

proyecto REPRODOTT para la implantación del agonista de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRHa) pueden ayudar a desbloquear los citados procesos, estimulando tanto la maduración de los ovocitos como las puestas (Mylonas y cols., 2007; Corriero y cols., 2007; Aranda y cols., 2011; Rosenfeld y cols., 2012).

Aunque la recolección de huevos fértiles con el objetivo de producir juveniles a escala industrial no supone un problema, si es de destacar que los procesos reproductivos en cautividad no son enteramente comparables a los que ocurren en el medio natural, con los atunes en libertad. En condiciones de cautividad se observan menores índices gonadosomáticos, una menor proliferación de espermatogonias y una alta apoptosis testicular (Corriero y cols., 2009; Pousis y cols., 2011,2012; Zupa y cols., 2012).

Aunque el proyecto SELFDOTT ha demostrado que es posible obtener puestas masivas de huevos fértiles de atún rojo, adaptando ejemplares adultos a la cautividad en jaulas flotantes, es evidente que la recolección de los huevos depende en gran medida de las condiciones ambientales tales como corrientes, vientos, estado del mar etc. Dado que la época natural de puesta del atún rojo en cautividad es de algo menos de dos meses (desde principios de Junio hasta finales de Julio), cualquier cambio de las condiciones ambientales puede poner en peligro la recolección de huevos fértiles y por tanto la producción regular de juveniles. Por tanto, y de forma paralela, resulta imperativo para el desarrollo posterior de los procesos de producción de juveniles a gran escala, el contar con una gran instalación en tierra capaz de albergar reproductores de esta especie.

Las ventajas de este tipo de instalación serían:

- Establecer el régimen térmico apropiado y demás condiciones ambientales para el correcto desarrollo del ciclo reproductivo del atún
- Extender la estación de puesta, manteniendo la temperatura compatible con la puesta durante un mayor periodo de tiempo.
- Conseguir la reproducción y las puestas fuera de la época natural de reproducción, mediante la manipulación del fotoperiodo y el termoperiodo.

Obviamente, la extensión del periodo de puesta conllevaría la posibilidad de avanzar más rápido en el conocimiento y en el desarrollo de las técnicas de cultivo de esta especie, ya que podrían realizarse los experimentos en un periodo de tiempo más dilatado, que en su máxima expresión sería durante todo el año y en la producción de juveniles a nivel industrial de forma continua, como sucede en la actualidad con especies como la dorada, la lubina y el rodaballo, por citar solo algunas.

Una instalación de este tipo, se está construyendo en Isla Plana, término municipal de Cartagena (Murcia), a un kilómetro de la Planta de Cultivos Marinos que el Centro Oceanográfico de Murcia (IEO) tiene en Mazarrón. Está financiada con una dotación de 6 millones de euros, distribuidos en 4,2 millones a través de los fondos FEDER y 1,8 millones aportados por el IEO (ANON, 2009a).

Esta instalación, cofinanciada por la Comisión Europea, podrá abastecer de huevos fértiles a Institutos de Investigación y Universidades así como a empresas privadas europeas, teniendo acceso también a Organizaciones Internacionales involucradas en la domesticación del atún rojo (*T. thynnus*, *T. orientalis*, *T. maccoyii*) así como a otras especies de túnidos (*T. albacares*, *T. atlanticus*, *T. obesus*, *T. alalunga* etc.).

b) Cultivo larvario

El proyecto SELFDOTT ha establecido el conocimiento base para el cultivo larvario usando un planteamiento integrado (métodos de cultivo y disciplinas científicas), que han conducido a un progreso real en este campo. Como ya se ha indicado, un mayor periodo

de disponibilidad de huevos viables conllevaría un desarrollo más rápido de los procesos de producción de juveniles a escala comercial, y por tanto rentables.

A pesar del gran avance obtenido hasta el momento, aún existen muchos aspectos del cultivo por resolver. El cultivo larvario del atún rojo, en el momento actual, aún se encuentra en fase experimental, y la técnica de cultivo aún no ha alcanzado el status de desarrollo a nivel comercial.

c) Nutrición y dietas

Las actividades sobre nutrición llevadas a cabo en el proyecto SELFDOTT han proporcionado una sólida base para futuros desarrollos. Se debe prestar un especial esfuerzo en el desarrollo de dietas que posibiliten el destete de larvas en fases más tempranas, y que permitan la reducción y finalmente la supresión de la fase de alimentación piscívora en la que es necesario el uso de larvas recién eclosionadas de otras especies. Paralelamente, y hasta que esto no se consiga, se debe mejorar sustancialmente la provisión de larvas recién eclosionadas, bien mediante el control de ciclo reproductivo de especies como la dorada, bien mediante el uso de otras especies que realicen de forma natural sus puestas en la época en que se llevan a cabo los cultivos larvarios del atún rojo (Junio – Agosto).

d) Manejo de juveniles

Uno de los principales cuellos de botella que ha puesto de manifiesto el proyecto SELFDOTT ha sido el del transporte y la adaptación a las jaulas flotantes de los alevines de en torno a un mes de edad. Este hecho ha sido así mismo constatado por equipos de investigación de Japón (Ishibashi y cols., 2009; Ishibashi, 2010; Tsuda y cols., 2012) y Australia (Thomson y cols., 2010). Los alevines de atún rojo son extremadamente sensibles por lo se debe prestar especial atención al desarrollo de técnicas de manipulación, transporte y manejo en jaulas, que reduzcan sensiblemente la alta tasa de mortalidad que se produce en dichas fases.

e) Nueva Legislación

Dado que el atún de acuicultura integral supondrá un producto “nuevo” para el mercado, será necesario crear una nueva legislación, diferente de la que regula la comercialización del atún procedente de capturas en el medio natural. Para ello será necesario desarrollar técnicas que permitan diferenciar de forma segura y económica ambos productos. El producto “atún de acuicultura integral” se beneficiaría de las políticas de trazabilidad “fork to farm”. Para el desarrollo de dicha legislación diferenciada, se podrían tomar como ejemplo otros modelos legislativos desarrollados para la acuicultura de especies en peligro.

f) Financiación

Como se ha comentado, todavía existen muchos aspectos que deben de ser resueltos para considerar que la técnica de producción de atún rojo es transferible para su puesta en marcha a nivel industrial y comercial, de forma que pueda obtenerse un beneficio económico de su uso. Por tanto es necesaria la continuidad de una financiación que permita la resolución de dichos cuellos de botella que aún existen y que impiden que pueda comercializarse en la actualidad atún rojo procedente de acuicultura integral. Dicha financiación debiera ser del tipo PPP (Partenariado Público-Privado).

Bibliografía

1. Anon (2009a) 12119 Resolución de 23 de junio de 2009, de la Secretaría de Estado de Investigación, por la que se publica el Convenio de colaboración, entre el Ministerio de Ciencia e Innovación, la Consejería de Universidades, Empresa e Investigación de la Región de Murcia y el Instituto Español de Oceanografía, en la selección y en la ejecución de proyectos de infraestructuras científicas cofinanciadas por el FEDER. Boletín Oficial del Estado 175, 61869-61877.
2. Anon (2009b) REGLAMENTO (CE) N o 302/2009 DEL CONSEJO de 6 de abril de 2009 por el que se establece un plan de recuperación plurianual para el atún rojo del Atlántico oriental y el Mediterráneo, se modifica el Reglamento (CE) n o 43/2009 y se deroga el Reglamento (CE) n o 1559/2007 . Diario Oficial de la Unión Europea L 96, 1-30.
3. Anon (2009c) SELFDOTT REPORT 2008. 139 pp.
4. Anon (2010) SELFDOTT REPORT 2009 . 279 pp.
5. Aranda, G., L. Aragón, A. Corriero, C.C. Mylonas, F. de la Gándara, A. Belmonte and A. Medina (2011) GnRHa-induced spawning in cage-reared Atlantic bluefin tuna: An evaluation using stereological quantification of ovarian post-ovulatory follicles. *Aquaculture* 317 (1-4), 255-259.
6. Belmonte, A. y F. de la Gándara (2008) El cultivo del atún rojo *Thunnus thynnus*. Fundación Observatorio Español de Acuicultura, CSIC, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid. 37 pp.
7. Belmonte, A., A. Ortega y F. de la Gándara (2007) Cultivo de túnidos. Actas del XI Congreso Nacional de Acuicultura, Vigo. 539-546.
8. Besseau, L., S. Fromentin, D. Covés, M.L. Escande, M. Fuentes, F. de la Gándara, E. Magnanou, A. Ortega, S. Sauzet, C.H. Paulin, G. Boeuf, and J. Falcon (2011) Ontogeny of the visual and neuroendocrine systems in the Atlantic bluefin tuna, *Thunnus thynnus*. *Proceedings of the EAS2011, Rhodes (Greece)*: 120-121.
9. Cahu, C.L., N. Papandroulakis, A. Ortega, D. Covés, M.M. Le Gall, E. Desbruyeres, F. de la Gándara, J.L. Zambonino and D. Mazurais (2010) Onset of selected digestive and antioxidant enzymes in bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) larvae reared in intensive or mesocosm system. *Proceedings of the Aquaculture Europe 2010 5-8 October Porto (Portugal)*. 260-261.
10. Corriero, A., A. Medina, C.C. Mylonas, F.J. Abascal, M. Deflorio, L. Aragon, C.R. Bridges, N. Santamaria, G. Heinisch, R. Vassallo-Agius, A. Belmonte, C. Fauvel, A. Garcia-Gómez, H. Gordin and G. De Metrio (2007) Histological study of the effects of treatment with gonadotropin-releasing hormone agonist (GnRHa) on the reproductive maturation of captive-reared Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L.). *Aquaculture* 272, 675-686.

11. Corriero, A., A. Medina, C.C. Mylonas, C.R. Bridges, N. Santamaria, M. Deflorio, M. Losurdo, R. Zupa, H. Gordin, F. de la Gándara, A. Belmonte, C. Pousis and G. De Metrio (2009) Proliferation and apoptosis of male germ cells in captive Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L.) treated with gonadotropin-releasing hormone agonist (GnRH_a). *Animal Reproduction Science* 116(3-4), 346-357.
12. De la Gándara, F. and A. Ortega (2008) Eight years of research on bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) culture at the Spanish Institute of Oceanography (IEO). *Proceedings of the EAS 2008 Krakow (Poland)*, 185-186.
13. De la Gándara, F., A. Ortega, A. Belmonte and C.C. Mylonas (2011a) Spontaneous spawning of Atlantic bluefin tuna *Thunnus thynnus* kept in captivity. *Proceedings of the EAS2011 Rhodes (Greece)*, 249-250.
14. De la Gándara, F., A. Ortega, A. Belmonte and C.C. Mylonas, J.R. Prieto y J. Viguri (2011b) Obtención de puestas masivas de huevos de atún rojo (*Thunnus thynnus*) en cautividad, durante 3 años consecutivos. *Actas del XIII Congreso Nacional de Acuicultura. Castelldefels (Barcelona)*, P-151-2 pp.
15. Fromentin, J.M. and J.E. Powers (2005) Atlantic bluefin tuna: population dynamics, ecology, fisheries and management. *Fish and Fisheries* 6, 281-306.
16. Gatesoupe, F.J., D. Covés, A. Ortega, N. Papandroulakis, O. Vadstein and F. de la Gándara (2012) A spatiotemporal study of bacterial community profiles associated with Atlantic bluefin tuna larvae, *Thunnus thynnus* L., in three Mediterranean hatcheries. *Aquaculture Research* DOI: 10.1111/j.1365-2109.2012.03158.x, 1-13.
17. Ghysen, A., K. Schuster, D. Covés, F. de la Gándara, N. Papandroulakis and A. Ortega (2010) Development of the posterior lateral line system in *Thunnus thynnus*, the Atlantic blue-fin tuna, and in its close relative *Sarda sarda*. *Int. J. Dev. Biol.* 54, 1317-1322.
18. ICCAT (2011) Report of the Standing Committee on Research and Statistics (SCRS). Madrid, Spain, October 3-7: 267 pp.
19. ICCAT (2012) Report of the Standing Committee on Research and Statistics (SCRS). Madrid, Spain, October 1-5: 303 pp.
20. Ishibashi, Y. (2010) Seedling production of the pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* at Kinki University. *Proceedings of the Joint International Symposium of Kinki University and Setouchi Town on The 40th Anniversary of Pacific Bluefin Tuna Aquaculture. Amami (Japan)*. 71-78.
21. Ishibashi, Y., T. Honryo, K. Saida, A. Hagiwara, S. Miyashita, Y. Sawada, T. Okada and M. Kurata (2009) Artificial lighting prevents high night-time mortality of juvenile Pacific bluefin tuna, *Thunnus orientalis*, caused by poor scotopic vision. *Aquaculture* 293, 157-163.
22. Miyake, P.M., J.M. De la Serna, A. Di Natale, A. Farrugia, I. Katavic, N. Miyabe and V. Ticina (2003) General review of bluefin tuna farming in the Mediterranean area. *Collective Volume of Scientific Papers ICCAT* 55(1), 114-124.

23. Mylonas, C. C., C. R. Bridges, H. Gordin, A. Belmonte Ríos, A. García, F. de la Gándara, C. Fauvel, M. Suquet, A. Medina, M. Papadaki, G. Heinisch, G. De Metrio, A. Corriero, R. Vassallo-Agius, J. M. Guzmán, E. Mañanos and Y. Zohar (2007) Preparation and administration of gonadotropin-releasing hormone agonist (GnRHa) implants for the artificial control of reproductive maturation in captive-reared Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*). *Reviews in Fisheries Science* 15(3), 183-210.
24. Mylonas, C. C., F. de la Gándara, A. Corriero and A. Belmonte Ríos (2010) Atlantic Bluefin Tuna (*Thunnus Thynnus*) Farming and Fattening in the Mediterranean Sea. *Reviews in Fisheries Science* 18(3), 266-280.
25. Ortega, A., M. Seoka, A. Belmonte, J.R. Prieto, J. Viguri and F. de la Gándara (2011) Cultivo larvario de atún rojo (*Thunnus thynnus*) en el Centro Oceanográfico de Murcia. *Actas del XIII Congreso Nacional de Acuicultura, Castelldefels (Barcelona)*, O-066-2 pp.
26. Ottolenghi, F. (2008) Capture-based aquaculture of bluefin tuna. In: *Capture-based aquaculture. Global overview*. FAO Fisheries Technical Paper. (ed. Lovatelli, A.), Rome: FAO, 169-182.
27. Papandroulakis, N., A. Ortega, D. Covés, R. Vassallo-Agius, A. Tandler, S. Stefanakis, J. Viguri, M.O. Vidal, I. Papadakis, F. de la Gándara, F. Ruelle, P. Anastasiadis, C.C. Mylonas and P. Divanach (2010) First results of the Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) larval rearing in Europe in the frame of the SELF-DOTT project. *Proceedings of the Aquaculture Europe 2010 Porto (Portugal)*, 968-969.
28. Pousis, C., C. de Giorgi, C.C. Mylonas, C.R. Bridges, R. Zupa, R. Vassallo-Agius, F. de la Gándara, C. Dileo, G. de Metrio and A. Corriero (2011) Comparative study of liver vitellogenin gene expression and oocyte yolk accumulation in wild and captive Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L.). *Animal Reproduction Science* 123, 98-105.
29. Pousis, C., N. Santamaria, R. Zupa, C. de Giorgi, C.C. Mylonas, C.R. Bridges, F. de la Gándara, R. Vassallo-Agius, G. Bello and A. Corriero (2012). Expression of vitellogenin receptor gene in the ovary of wild and captive Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*). *Animal Reproduction Science* 132, 101-110.
30. Rosenfeld, H., C.C. Mylonas, C.R. Bridges, G. Heinisch, A. Corriero, R. Vassallo-Agius, A. Medina, A. Belmonte, A. García, F. de la Gándara, C. Fauvel, G. De Metrio, I. Meiri-Ashkenazi, H. Gordin and Y. Zohar (2012) GnRHa-mediated stimulation of the reproductive endocrine axis in captive Atlantic bluefin tuna, *Thunnus thynnus*. *Gen. Comp. Endocrinol.* 175(1), 55-64.
31. Suquet, M., J. Cosson, F. de la Gándara, C.C. Mylonas, M. Papadaki, S. Lallemand and C. Fauvel (2010) Sperm features of captive Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*). *J. Appl. Ichthyol.* 26, 775-778.
32. Thomson, M., M. Deichmann, K. Czypionka, A. Cyzpionka, J. Crawford, A. Miller, W. Hutchinson, and B. Chen (2010) Recent developments in Southern bluefin tuna larval and juvenile rearing. *Proceedings of the Joint International Symposium of Kinki University and Setouchi Town on The 40th Anniversary of Pacific Bluefin Tuna Aquaculture Amami (Japan)*, 53-58.

33. Tsuda, Y., W. Sakamoto, S. Yamamoto and O. Murata (2012) Effect of environmental fluctuations on mortality of juvenile Pacific bluefin tuna, *Thunnus orientalis*, in closed life-cycle aquaculture. *Aquaculture*, 330-333, 142-147.
34. Vassallo-Agius, R., C.C. Mylonas, A. Sharman, J. Negas, A. Corriero, C.R. Bridges, F. de la Gándara, C. Fauvel and H. Gordin (2011) Effect of broodstock diets on growth and chemical components of gonads of Atlantic bluefin tuna *Thunnus thynnus* (L.) reared in cages. *Proceedings of the EAS2011 Rhodes (Greece)*, 1143-1144.
35. Zupa, R., C. Fauvel, C. C. Mylonas, N. Santamaria, L. Valentini, C. Pousis, M. Papadaki, M. Suquet, F. de la Gándara, G. Bello, G. De Metrio and A. Corriero (2012) Comparative analysis of male germ cell proliferation and apoptosis in wild and captive Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L.). *J.Appl.Ichthyol.* 10.1111/j.1439-0426.2012.02045.x, 1-11.